Iranian Journal of Animal Science Research
Homepage: http://ijasr.um.ac.ir

Research Paper
Vol. 14, No. 4, Winter 2023, p. 565-582

Effect of Lysophospholipids (LPLs) Supplementation in Diets containing different fat sources and levels on Blood Parameters, Intestinal Morphology, cecal microbial flora and Performance in Broiler Chicks during Starter Period

Ali Akbar Salari[1], Abolghasem Golian[1*], Ahmad Hassanabadi[1]

Received: 04-03-2020
Revised: 24-08-2021
Accepted: 24-01-2022
Available Online: 24-01-2022

How to cite this article:
Salari, A.A., Golian, A., & Hassanabadi, A. (2023). Effect of Lysophospholipids (LPLs) Supplementation in Diets containing different fat sources and levels on Blood Parameters, Intestinal Morphology, cecal microbial flora and Performance in Broiler Chicks during Starter Period . *Iranian Journal of Animal Science Research, 14*(4), 565-582.
DOI: 10.22067/ijasr.2022.38275.0

Introduction Feed cost has gradually increased in poultry production worldwide. One approach to minimizing production cost is dietary manipulation of nutrient supplies through improved feed efficiency. The inclusion of lipids in broiler diets is essential to meet metabolisable energy requirement. Great amounts of animal fats and vegetable oils are usually added to broiler diets to increase their energy content. However, several factors can affect lipids digestion, both related to the animal characteristics such as bird age, genetic strain, secretion and activity of digestive enzymes, and to the diet composition such as type of fat used as lipid supplement, ratio of unsaturated to saturated fatty acids in the diet, presence of pentosans and dietary fiber. Within this reality, researches have been conducted to study the increased digestibility of oils and fats by emulsifying substances, such as bile salts and phospholipids. Lysophospholipid (LPL) is a more effective biosurfactant in emulsifying properties than bile salts and soy lecithin because one molecule in the hydrophobic tail is removed, indicating more stability in the aqueous environment of the gastrointestinal tract. Another action of lysophospholipids is related to the antibacterial effect. They may modify the biological structure of bacteria causing changes in membrane permeability, raising the speculation of a combined effect with organic acids on poultry gut health. The changes in membrane permeability by lysophospholipids may facilitate the ion dissociation of the organic acids inside the bacteria. In turn, the control of the intestinal microbiota through these additives could preserve the integrity of endogenous, consequently, the present study was designed to investigate the effects of dietary LPL supplementation in diets differing in fat on blood parameters, intestinal morphology, ceca microbiome and performance in broiler chicks.

Materials and Methods This experiment was performed in a completely randomized design based on factorial arrangement to evaluate the effect of lysophospholipid supplementation (0 and 0.25g/kg) in corn-soybean meal diets containing three fat sources (soybean oil, tallow and their blend 50: 50%) and each at two levels (1.5 and 3%) with 12 isocaleric and isonitrogenous starter diets. Each diet was fed to six replicates of 10 chicks each during 1 to 14 days of age. Performance traits, jejunal morphology, serum lipid composition, cecal microbial population of one chick from each replicate were measured at day 14.

Results and Discussion the interaction effects of lysophospholipid supplementation, fat source and fat level were not significant on broiler performance during 1 to 14 days of age, except for the lysophospholipid supplementation and fat level that was significant on feed intake in the starter period. Among the main effects

1- Ph.D. Student and Professors of Animal Science Department, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran, respectively.
*Corresponding Author Email: golian-a@um.ac.ir

only fat levels had a significant effect on body weight, body weight gain in the starter period, and 3% fat level compared to 1.5% improved body weight and body weight gain. These results are in agreement with zampiga et al, (2016) that demonstrated the addition of the lysophospholipid did not statistically improve final body weight and daily weight gain of broilers in the whole period of trial (0–42 d). These observations are partially in contrast with Melegy et al. (2010) who reported that the use of an emulsifier based on lysolecithin at the dosage of 0.25 or 0.5 kg/ton of feed significantly improved these productive parameters. Other factors may be affect on broiler performance such as inappropriate dose of lysophospholipid in diet, low energy levels of the experimental diets, use of 3 factors in the experimental design, and low bird population in each treatment that combined the effects. The Interaction effects of lysophospholipid supplementation, fat source and fat level were not significant on jejunal villus height, villus width, diameter of epithelium layer, crypt depth and villus height to crypt depth ratio. The interaction effects of lysophospholipid supplementation and fat levels in diet showed a significant effect on villus width. The effect of fat levels was significant for villus height and it increased by the use of 3% levels. The Interaction effect of lysophospholipid supplementation, fat source and fat level was not significant on the concentration of triglyceride, cholesterol, HDL and LDL in serum of broiler chicks. The interaction effect of lysophospholipid supplementation and fat level in diet was significant on the concentration of triglyceride level, and the interaction effect of lysophospholipid supplementation and fat source in diet was significant on LDL in serum lipid level of broiler chicks. The main effect of lysophospholipid supplementation was significant on the concentration of triglyceride, and also the effect of fat source was significant on cholesterol and HDL in serum of broiler chicks. The Interaction effects of lysophospholipid supplementation, fat source and fat level was not significant for *lactobacillus* and *E-coli* population in ceca. The main effect of lysophospholipid supplementation was significant increase on the *lactobacillus* population in ceca, and the effect of fat level in diet was significant decrease on the E-coli population in ceca.

Conclusion It can be concluded in this study that of lysophospholipids supplementation did not have a significant effect on performance in broiler chickens during the starter period.

Keywords: Interaction, level, Source, Soybean oil and Tallow

نشریه پژوهشهای علوم دامی ایران
Homepage: https://ijasr.um.ac.ir/

مقاله پژوهشی

جلد ۱٤، شماره ٤، زمستان ۱٤۰۱، ص ۵۸۲-۵٦۵

اثر مکمل لیزوفسفولیپید در جیره‌های حاوی منابع و سطوح مختلف چربی بر پارامترهای سرم خون، ریخت‌شناسی روده کوچک، فلور میکروبی سکوم و عملکرد جوجه‌های گوشتی در دوره آغازین

علی‌اکبر سالاری[۱]، ابوالقاسم گلیان[۱*]، احمد حسن‌آبادی[۱]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۲/۱۴
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۱/۰۴

چکیده

آزمایش به‌صورت طرح کاملاً تصادفی با روش فاکتوریل جهت ارزیابی اثر مکمل لیزوفسفولیپید (۰ و ۰/۲۵ گرم در کیلوگرم) در جیره‌های ذرت–کنجاله سویا که حاوی سه منبع چربی (روغن سویا، پیه‌گاوی و مخلوط ۵۰: ۵۰) و هریک در دو سطح (۱/۵ و ۳ درصد) با ۱۲ جیره آغازین ایزوکالریک و ایزونیتروژنوس انجام شد. هر جیره به شش تکرار دارای ۱۰ قطعه جوجه‌گوشتی در دوره ۱ تا ۱۴ روزگی تغذیه و صفات عملکردی، ریخت‌شناسی ژژنوم، ترکیب لیپیدهای سرم خون، جمعیت میکروبی سکوم یک جوجه از هر تکرار در پایان ۱۴ روزگی اندازه‌گیری شد. اثرات متقابل مکمل لیزوفسفولیپید، منبع چربی و سطح چربی جیره بر عملکرد جوجه‌ها در این دوره معنی‌دار نبود و فقط اثر متقابل مکمل لیزوفسفولیپید و سطح چربی بر مصرف خوراک معنی‌دار بود (p<۰/۰۵). اثر متقابل مکمل لیزوفسفولیپید و سطح چربی جیره بر عرض پرز معنی‌دار بود (p<۰/۰۵). اثر سطح چربی جیره بر ارتفاع پرز معنی‌دار بود و سطح سه درصد سبب افزایش آن شد. اثر متقابل مکمل لیزوفسفولیپید و سطح چربی بر میزان تری‌گلیسرید سرم و اثر مکمل لیزوفسفولیپید و منبع چربی جیره بر میزان LDL سرم جوجه‌های گوشتی معنی‌دار بودند (p<۰/۰۵). اثر مکمل لیزوفسفوپیپید بر میزان تری‌گلیسرید و همچنین منبع چربی جیره بر میزان کلسترول و HDL سرم معنی‌دار بود (p<۰/۰۵). مکمل لیزوفسفولیپید بر جمعیت *لاکتوباسیلوس* و سطح چربی جیره بر جمعیت *اشریشیاکلی* تأثیر معنی‌دار داشتند (p<۰/۰۵). بررسی نتایج این پژوهش نشان داد که مکمل لیزوفسفولیپید بر عملکرد جوجه‌های گوشتی در دوره آغازین تأثیر نداشت، ولی سبب افزایش جمعیت لاکتوباسیلوس‌ها و کاهش تری‌گلیسرید سرم خون شد.

واژه‌های کلیدی: اثرات متقابل، پیه گاوی، روغن سویا، سطح، منبع

مقدمه

با توجه به این که هزینه تهیه خوراک ۷۵ درصد هزینه‌های پرورش طیور را در بر دارد میزان و نسبت مواد تشکیل‌دهنده جیره باید طوری باشد که علاوه‌بر تأمین نیاز حیوان، حداقل هزینه را داشته باشد (Zuhri, 2010). دانه ذرت منبع اصلی و عمده تأمین‌کننده انرژی جیره می‌باشد. پیش‌بینی می‌شود که در آینده، قیمت دانه ذرت مورد نیاز برای مرغداری‌ها افزایش یابد. بنابراین، باید به فکر تأمین بخشی از انرژی جیره با سایر خوراک‌های انرژی‌زای ارزان قیمت شد. چربی‌ها به‌طور عمده به‌منظور تأمین انرژی در جیره پرندگان استفاده می‌شوند. افزودن چربی به جیره پرندگان می‌تواند منجر به افزایش مقدار انرژی قابل دسترس برای پرنده شود، زیرا تراکم انرژی در هر گرم از چربی یا روغن بیشتر از کربوهیدرات‌ها و پروتئین‌ها است. هضم و جذب چربی جیره نیازمند فرآوری تری‌گلیسریدهای نامحلول در آب است که در دستگاه گوارش، چربی‌ها به‌وسیله فعالیت صفرا امولسیفه شده و توسط لیپاز پانکراس هیدرولیز می‌شوند (Zhao *et al*., 2015). از آن

۱- به‌ترتیب دانشجوی دکتری و اساتید گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.
(*- نویسنده مسئول: (Email: golian-a@um.ac.ir
DOI: 10.22067/ijasr.2022.38275.0

جا که هضم لیپیدها در دوازدهه و در محلول‌های آبی انجام می‌شود، امولسیون چربی جیره به‌وسیله نمک‌های صفراوی اجازه هیدرولیز با لیپاز پانکراس را می‌دهد، در نتیجه تری‌گلیسریدها در سطح روغن و آب به منوگلیسریدها و اسیدهای چرب آزاد هیدرولیز می‌شوند. نمک‌های صفراوی همچنین، نقش کلیدی در تشکیل میسل‌های مخلوط ایفا می‌کنند که پس از آن به‌وسیله سلول‌های مخاطی روده کوچک جذب می‌شوند (Kragdahl, 1985). اثبات شده است که ظرفیت هضم و جذب لیپیدها در جوجه‌های جوان محدود است و به بلوغ فیزیولوژیک، سطح پایین تولید لیپاز (Al-Marzooqi and Lesson, 1999)، وضعیت میکروفلورای روده و ترکیب جیره (Maisonnier *et al.*, 2003)، نسبت اسیدهای چرب غیراشباع به اشباع در جیره (Ketels and Groote, 1989)، حضور پنتوزان‌ها (Choct and Annison, 1992) و فیبر جیره (Jimenez-Moreno *et al.*, 2009) بستگی دارد. فرآیند هضم و جذب در طیور به‌دلیل کوچک بودن سیستم هضمی اهمیت بالایی دارد، به این خاطر که مواد خوراکی برای کامل کردن عمل هضم و جذب در دستگاه گوارش طیور حدود دو ساعت زمان دارند، علاوه‌براین هضم چربی‌ها به‌ویژه در پرندگان جوان بهینه نیست و با افزایش سن بهبود می‌یابد که این امر به‌دلیل ظرفیت پایین دستگاه گوارش در ترشح آنزیم لیپاز و اسیدهای صفراوی می‌باشد، به‌طوری‌که فعالیت لیپاز در جوجه‌های یک روزه برابر یک درصد فعالیت آن در سن ۲۱ روزگی است (Leeson and Summers, 2001). بنابراین، از یک سو دستگاه گوارش جوجه بسیار نابالغ است و عمل هضم و جذب در آن به‌صورت ناقص انجام می‌شود و از طرف دیگر، در پرندگان بالغ علاوه‌بر زمان محدود حضور مواد غذایی در روده کوچک، در بسیاری از جیره‌ها امکان تأمین کافی مواد مغذی در واحد حجم مصرفی خوراک پرنده ممکن نبوده و باعث کاهش سرعت رشد و تولید پرنده می‌شود که در نهایت، باعث کاهش سودآوری می‌گردد. بنابراین، باید در جیره پرندگان از افزودنی‌هایی که باعث بهبود هضم چربی شده و انرژی بیشتری را در واحد حجم کمتر تأمین می‌کنند، استفاده نمود که امولسیفایرها از این نوع هستند (Xing *et al.*, 2004). یک مولکول محلول در آب (هیدروفیل) و محلول در چربی (لیپوفیل) به‌عنوان امولسیفایر شناخته می‌شود. مولکول امولسیفایر می‌تواند با بخش آب‌دوست خود در آب و با بخش آب‌گریز خود در چربی حل شود و نقش مهمی در کمک به تشکیل میسل ایفا نماید (Neto *et al.*, 2011). بنابراین، امولسیفایرها می‌توانند قطرات چربی را در امولسیون توزیع کنند که این امر برای هضم و جذب چربی‌ها لازم است. از جمله امولسیفایرهای مؤثر در هضم و جذب چربی در پرندگان می‌توان به لیزوفسفولیپید اشاره کرد. لیزوفسفولیپید، سورفاکتانت‌های طبیعی هستند که از هیدرولیز لسیتین سویا توسط فسفولیپاز A_2 به‌دست می‌آیند (Joshi *et al.*, 2006). تعادل هیدروفیلیک- لیپوفیلیک در لیزوفسفولیپید حدود ۲ تا ۱۲ است که نسبت به نمک‌های صفراوی و لسیتین بالاتر است، همچنین لیزوفسفولیپید نسبت به نمک‌های صفراوی و لسیتین دارای غلظت بحرانی میسل پایین‌تری است که باعث تشکیل میسل‌های کوچک تر در روده حیوان و ایجاد سطح بیشتر قطرات چربی در روده کوچک پرنده می‌شوند (Van *and* Tomas, 2008). بنابراین، از آن جایی که در واحدهای پرورش طیور بیشترین هزینه صرف تامین خوراک و مواد مغذی می‌شود و از طرفی، قسمت زیادی از این مواد مغذی به‌دلیل محدودیت دستگاه گوارش پرندگان جوان برای هضم، دفع می‌شوند، به همین دلیل، استفاده از ترکیباتی که باعث افزایش میزان هضم در دستگاه گوارش می‌شوند، می‌توانند عملکرد را بهبود دهند. هدف از این پژوهش، بررسی تأثیرات مکمل لیزوفسفولیپید بر عملکرد، ترکیب لیپیدهای سرم خون، ریخت‌شناسی ژژنوم و جمعیت میکروبی سکوم جوجه‌های گوشتی در دوره آغازین بود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سالن تحقیقات دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد واقع در جاده مشهد – قوچان اجرا و آنالیزهای مربوط به آن نیز در آزمایشگاه تغذیه دام این دانشکده به انجام رسید. روغن سویای خوراکی تصفیه شده ساخت شرکت هایلی از فروشگاه مواد خوراک انسانی تهیه شد. پیه‌گاوی از کشتارگاه صنعتی مشهد به‌میزان ۵۰ کیلوگرم تهیه شد. جهت استفاده از پیه در جیره‌های آزمایشی ابتداء پیه توسط حرارت به مایع تبدیل گردید. بدین منظور پیه بعد از جداسازی ناخالصی‌ها چرخ شده و سپس با حرارت غیرمستقیم مایکروفر در میانگین دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد ذوب شده و بعد از عبور از صافی ۰/۱ میلیمتری جمع‌آوری و در دمای چهار درجه سانتی‌گراد تا زمان انجام آزمایش و استفاده در جیره‌ها نگهداری گردید. مکمل لیزوفسفولیپید با نام تجاری آرتیفایر ساخت کمپانی Artevet در ایالات متحده آمریکا و از نمایندگی گلبار نوین در ایران خریداری شد. ترکیبات مکمل تجاری آرتیفایر شامل پلی اتیلن گلایکول رسینولئات، لیزوفسفاتیدیل کولین، لیزوفسفاتیدیل اتانول آمین، لیزوفسفاتیدیل اینوزیتول و لیزوفسفاتیدیک اسید بود.

۷۲۰ قطعه جوجه گوشتی یک روزه سویه راس ۳۰۸ به‌صورت طرح کاملاً تصادفی در قالب فاکتوریل (دو سطح مکمل لیزوفسفولیپید: ۰ و ۰/۲۵ گرم در کیلوگرم × دو سطح چربی: ۱/۵ و سه درصد × سه منبع چربی: روغن سویا، پیه‌گاوی و مخلوط ۵۰:۵۰) با ۱۲ تیمار و شش تکرار ۱۰ قطعه جوجه گوشتی مخلوط نر و ماده استفاده شد. جیره‌ها به‌صورت ایزوکالریک و ایزونیتروژنوس فرموله شدند (جدول ۱). جیره‌ها به‌گونه‌ای تنظیم گردیدند که کلیه احتیاجات جوجه‌ها براساس توصیه سویه راس (۲۰۱۴) تأمین شدند. تنظیم جیره‌ها با استفاده از نرم‌افزار UFFDA صورت گرفت. جوجه‌ها از یک

تا ۱۴ روزگی با جیره‌های آزمایشی تغذیه شدند. داده‌های انرژی قابل متابولیسم ظاهری منابع چربی از مقاله سالاری و همکاران (۱۳۹۸) که برای روغن سویا ۸۳۶۷، پیه ۶۱۳۴ و مخلوط ۵۰ :۵۰ آن‌ها ۶۵۴۷ کیلوکالری بود، برای تنظیم انرژی قابل متابولیسم ظاهری جیره‌های آزمایشی حاوی این منابع چربی استفاده شد.

جهت نمونه‌برداری از قسمت میانی ژژنوم و جمعیت میکروبی سکوم در پایان آزمایش، از هر واحد آزمایشی یک جوجه نر که به میانگین تیمار نزدیک بود، انتخاب و کشتار شد. بخش میانی ژژنوم برای آنالیز ریخت‌شناسی جمع‌آوری شدند و جهت اندازه‌گیری پارامترهای ریخت‌شناسی ژژنوم، از روش توصیف شده به‌وسیله آمراه و همکاران (Amerah *et al*., 2007) استفاده شد. بعد از رنگ‌آمیزی با هماتوکسیلین – ائوزین، لام‌ها تهیه و برای بررسی بافت‌های تهیه شده با استفاده از نرم‌افزار ویژه کامپیوتری (CellSens Dimension, Olympus, Tokyo, Japan) قسمت‌های ۱۰ پرز شامل: عرض، ارتفاع، عمق کریپت و قطر لایه پوششی مشخص و سپس با کمک دوربین نصب شده روی میکروسکوپ، عکس‌هایی از محل‌های مورد نظر گرفته شده و با استفاده از نرم‌افزار Epix Xcapt فاکتورهای مورد نظر در بافت ژژنوم اندازه گیری شد.

به‌منظور تعیین جمعیت میکروبی *لاکتوباسیلوس* و *اشریشیاکلی* در سکوم، از هر یک از جوجه‌های کشتار شده در پایان آزمایش (۱۴ روزگی)، سکوم‌ها از داخل شکم جوجه‌ها خارج و با حرکت آرام انگشت، محتویات آن‌ها خارج شد. محتویات سکومی به داخل قوطی‌های استریل تخلیه و بر روی یخ قرار گرفتند و سپس به سردخانه (۲۰- درجه سانتی‌گراد) منتقل شدند. جهت شمارش تعداد باکتری‌ها یک گرم از محتویات سکومی هر تکرار در نه میلی‌متر آب مقطر، رقیق شد. دو رقت (10^{-1} و سپس 10^{-2}) از این محلول همگن تهیه و هر رقت برروی محیط کشت مخصوص خود کشت شد. برای شمارش *لاکتوباسیلوس* و *اشریشیاکلی*، رقت‌های تهیه شده از آن‌ها به‌ترتیب بر روی محیط کشت مخصوص خود یعنی محیط کشت MRS و به‌مدت ۴۸ ساعت در انکوباتور ۳۷ درجه سانتی‌گراد در شرایط بی‌هوازی و محیط کشت EMB به‌مدت ۲۴ ساعت در انکوباتور ۳۷ درجه سانتی‌گراد در شرایط هوازی قرار گرفتند (Guban *et al*., 2006)، تا کلونی‌های *لاکتوباسیلوس* و *اشریشیاکلی* فرصت کافی برای رشد کردن داشته باشند. پس از خروج محیط کشت‌ها از انکوباتور، باکتری‌ها به‌وسیله دستگاه Colony Counting شمارش شدند.

از پرنده‌های انتخاب شده هر واحد آزمایشی قبل از کشتار خون-گیری شد. نمونه‌های خون به‌آرامی به لوله‌های شیشه‌ای شماره‌گذاری شده منتقل گردیدند. برای حصول سرم مناسب، این لوله‌ها به‌مدت یک ساعت به‌طور مایل در دمای اتاق قرار گرفتند. سرم خون هر واحد آزمایشی به‌وسیله سمپلر به میکروتیوب‌های ۲/۵ سی‌سی منتقل و جهت انجام آزمایش‌های تعیین ترکیبات لیپیدهای سرم با دستگاه اتوآنالایزر (Biotechnica BT-3000, Italy) در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد منجمد شدند. (Hashemi and Jafari Ahangari, 2005). از کیت تجاری شرکت پارس آزمون برای تعیین کلسترول و تری گلیسرید پلاسما و ازکیت تجاری شرکت زیست شیمی برای تعیین میزان HDL و LDL پلاسما استفاده شد.

داده‌ها در قالب یک طرح کاملاً تصادفی با رویه GLM آنالیز شدند. میانگین تیمارها به‌روش توکی مقایسه شدند. اختلاف بین سطوح تیمار میانگین‌های حداقل مربعات با سطح احتمال P<۰/۰۵ به‌عنوان اختلاف معنی‌دار آماری در نظر گرفته شد. در حالی که اختلاف میانگین‌ها با سطح احتمال (P-value) از محدوده ۰/۰۶ تا ۰/۱ به‌عنوان تمایل به معنی‌داری در نظر گرفته شد. مدل آماری طرح به‌صورت زیر بود:

معادله (۱)

$$Yijkl = \mu + Ai + Bj + Ck + ABij + ACik + BCjk + ABCijk + e\ ijkl$$

که در آن، Y_{ijkl}: مقدار عددی هر مشاهده، μ: میانگین جامعه، A_i: اثر سطح i ام فاکتور A مربوط به سطح مکمل امولسیفایر، B_j: اثر سطح j ام فاکتور B مربوط به نوع منبع چربی، C_k: اثر سطح k ام فاکتور C مربوط به سطح چربی در جیره، AB_{ij}: مکمل امولسیفایر× نوع منبع چربی در جیره، BC_{jk}: نوع منبع چربی در جیره پایه × سطح چربی در جیره، AC_{ik}: مکمل امولسیفایر × سطح چربی در جیره، ABC_{ijk}: مکمل امولسیفایر × نوع منبع چربی × سطح چربی در جیره و e_{ijkl}: خطای آزمایشی می‌باشد.

نتایج و بحث

شاخص‌های عملکردی

تأثیر مکمل لیزوفسفولیپید در جیره حاوی منابع و سطوح مختلف چربی بر میانگین وزن بدن، افزایش وزن بدن، مصرف خوراک و ضریب تبدیل خوراک در دوره آغازین در جدول ۲ گزارش شده است. اثرات متقابل مکمل لیزوفسفولیپید، منبع چربی و سطح چربی جیره بر میانگین وزن بدن، افزایش وزن بدن، مصرف خوراک و ضریب تبدیل خوراک معنی‌دار نبودند، به‌استثنای اثر متقابل مکمل لیزوفسفولیپید و سطح چربی که بر مصرف خوراک جوجه‌های گوشتی معنی‌دار بود (شکل ۱)، به‌طوری‌که جوجه‌های تغذیه شده با جیره بدون مکمل لیزوفسفولیپید و حاوی ۱/۵ درصد چربی کمترین مصرف خوراک را داشتند (P<۰/۰۵).

جدول ۱- ترکیب و میزان مواد مغذی جیره‌های دوره آغازین[۱] (۱۴- ۱روزگی)

Table 1- Composition and nutrient content of starter diets[1]

ترکیبات جیره (درصد) Diet ingredients	درصد روغن سویا Soy oil %		درصد پیه گاوی Tallow%		درصد روغن سویا+ درصد پیه گاوی (۵۰:۵۰) Soy oil % +tallow% (50: 50)	
	1.5	3	1.5	3	1.5	3
ذرت Corn	55.34	51.03	56.49	53.33	56.28	52.91
کنجاله سویا، ۴۴ درصد Soybean meal (44%)	37.67	38.54	37.44	38.08	37.49	38.16
روغن سویا Soy oil	1.5	3.00	–	–	0.75	1.5
پیه Tallow	–	–	1.5	3.00	0.75	1.5
دی کلسیم فسفات Dicalcium phosphate	1.82	1.83	1.82	1.82	1.82	1.82
سنگ آهک Limestone	1.102	1.102	1.103	1.102	1.103	1.102
نمک طعام (کلرید سدیم) Salt	0.27	0.28	0.26	0.27	0.26	0.28
دی ال ـ متیونین DL- methionine	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
ال ـ لیزین هیدروکلرید L- lysine hydrochloride	0.27	0.26	0.28	0.27	0.28	0.27
ال- ترئونین L-threonine	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11
مکمل ویتامینه و معدنی[۲] Vitamin and mineral premix[2]	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
سدیم بیکربنات ($NaHCo_3$)	0.12	0.11	0.12	0.11	0.12	0.11
ماسه Sand	0.92	2.89	–	1.04	0.17	1.38
درصد ترکیبات شیمیایی (محاسبه شده) Calculated composition%						
انرژی قابل متابولیسم (کیلوگرم/ کیلوکالری) Metabolisable energy (kcal/kg)	2845.2	2845.2	2845.2	2845.2	2845.2	2845.2
پروتئین خام Crude protein (%)	21.81	21.81	21.81	21.81	21.81	21.81
کلسیم Calcium (%)	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91
فسفر قابل دسترس Available phosphorous (%)	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45
لیزین Lysine (%)	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36
متیونین Methionine (%)	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67
متیونین+ سیستین Methionine + cystine (%)	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02
ترئونین Threonine (%)	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92
تریپتوفان Tryptophan (%)	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31
سدیم Sodium (%)	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15

کلر Chlorine (%)	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
پتاسیم Potassium (%)	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92
(میلی اکی والان) DCAD mEq	230.0	230.0	230.0	230.0	230.0	230.0

[۱] هر یک از شش جیره تهیه شده به دو قسمت مساوی تقسیم و به یک قسمت آن مقدار ۰/۰۲۵ درصد لیزوفسفولیپید اضافه و مخلوط شد تا ۱۲ جیره تهیه شود.

[۲] مقادیر به‌ازای هر کیلوگرم جیره: ویتامین A (ترانس ـ رتینیل استات)، ۱۲۵۰۰ واحد بین‌المللی؛ ویتامین D_3 (کوله کلسیفرول)، ۵۰۰۰ واحد بین‌المللی؛ ویتامین E (دی ال ـ آلفا توکوفریل استات)، ۸۰ میلی گرم؛ ویتامین K (منادیون)،۳/۲ میلی‌گرم؛ تیامین، ۳/۲ میلی‌گرم؛ ریبوفلاوین، ۸/۶ میلی‌گرم؛ پیریدوکسین، ۴/۸۶ میلی‌گرم؛ ویتامین B_{12} (سیانوکوبالامین)، ۰/۰۲ میلی‌گرم؛ نیاسین، ۶۲/۵۱ میلی‌گرم؛ پنتوتنیک اسید (دی‌کلسیم پنتوتنات)، ۸/۶ میلی‌گرم؛ فولیک اسید، ۲/۲ میلی‌گرم؛ بیوتین، ۰/۲۵ میلی‌گرم؛ اتوکسی کوئین (آنتی اکسیدانت)، ۲/۵ میلی‌گرم. آهن، ۲۰/۲۳ میلی‌گرم؛ منگنز، ۱۲۰ میلی‌گرم؛ روی، ۱۱۰ میلی گرم؛ مس، ۱۶ میلی‌گرم؛ ید، ۱/۲۵۲ میلی‌گرم؛ سلنیوم، ۰/۳۰ میلی‌گرم، ۳۰۰ میلی گرم کولین کلراید (مکمل ویتامینی و معدنی).

[1] Each of the six diets was divided into two equal portions, with 0.025% lysophospholipid added to one portion, and mixed to make 12 diets.

[2] Amounts per kilogram diet: vitamin A (Trans Retinyl Acetate), 12500 International units; vitamin D_3 (Cholecalciferol), 5000 International units; vitamin E (tocopheryl acetate), 80 mg; vitamin K_3, 3.2 mg; thiamine, 3.2 mg; riboflavin, 8.6 mg; panthothenic acid, 8.6 mg; pyridoxine, 4.86 mg; B_{12} Cyanocobalamin, 0.02 mg; niacin, 62.51 mg; biotin, 0.25 mg; folic acid, 2.2 mg; Antioxidant 2.5 mg. [3]Mineral premix supplied per kilogram diet: Fe ,20.23 mg; Mn, 120 mg; Zn, 110 mg; Cu ,16 mg; I , 1.252mg; Se, 0.3 mg. Choline chloride, 300 mg (Vitamin and mineral supplements).

در بین اثرات اصلی تنها سطح چربی جیره بر میانگین وزن بدن و افزایش وزن بدن معنی‌دار بود و سطح سه درصد در قیاس با سطح ۱/۵ درصد باعث بهبود وزن بدن و افزایش وزن روزانه جوجه‌های گوشتی شد ($P<۰/۰۵$). داده‌های اثرات متقابل به‌دلیل عدم معنی‌داری ارائه نشده است ($P>۰/۰۵$).

در این مطالعه، بهبودی در عملکرد جوجه‌های گوشتی با استفاده از مکمل لیزوفسفولیپید مشاهده نشد. مطابق با نتایج ما، پلیکارپو و همکاران (Polycarpo *et al.*, 2016) گزارش کردند که در ۱۴-۱ روزگی، هیچ اثر متقابلی بین عوامل مورد مطالعه (نوع منبع چربی، با و بدون لیزوفسفولیپید و مکمل اسیدهای آلی) بر عملکرد جوجه‌های گوشتی وجود نداشت. همچنین جمیلی و همکاران (Jamili *et al.*, 2013) اعلام کردند که در دوره‌های مختلف پرورش، اثر متقابل نوع منبع چربی و امولسیفایر (نمک صفراوی و لسیتین) بر هیچ کدام از صفات مرتبط با عملکرد (به‌استثنای مصرف خوراک در دوره آغازین) معنی‌دار نبود. زامپیگا و همکاران (Zampiga *et al.*, 2016) گزارش کردند که تأثیر امولسیفایر در مراحل مختلف تغذیه‌ای از نظر آماری برای کلیه پارامترهای تولیدی در نظر گرفته شده معنی‌دار نبود. ژائو و همکاران (Zhao *et al.*, 2015) تفاوت معنی‌داری در عملکرد تولیدی بچه خوک‌های تغذیه شده با جیره‌های حاوی ۰/۵ یا یک کیلوگرم در تن امولسیون‌کننده بر پایه لیزوفسفولیپید پیدا نکردند. پلیکارپو و همکاران (Polycarpo *et al.*, 2016) گزارش کردند در طی ۱ تا ۱۴ روزگی هیچ اثر معنی‌داری بر عملکرد جوجه‌های گوشتی با تغذیه لیزوفسفولیپید یافت نشد. طاهر عباس و همکاران (Abbas *et al.*, 2016) نیز گزارش کردند که اثر متقابلی بین چربی و امولسیفایر در دوره آغازین و کل دوره پرورش برای وزن بدن جوجه‌های گوشتی مشاهده نشد، ولی در دوره پایانی استفاده از مکمل امولسیفایری سبب بهبود وزن بدن شد. نتایج ما بر خلاف بررسی‌های یوپداها و همکاران (Upadhaya *et al.*, 2017) است که گزارش کردند مکمل کردن جیره با مخلوط امولسیفایر ۰/۰۵ درصد، ۰/۰۷۵ درصد و ۰/۱۰ درصد (سدیم استئاریل- ۲ – لاکتیلات و پلی سوربات ۲۰) سبب افزایش وزن روزانه جوجه‌های گوشتی به‌صورت خطی شد. تحقیقات انجام گرفته نشان می‌دهد که در جیره‌های غذایی با کاهش مواد مغذی، لیزوفسفولیپید می‌تواند که قابلیت هضم و مقادیر انرژی در خوراک را افزایش دهد.

ژانگ و همکاران (Zhang *et al.*, 2011) گزارش کردند مکمل لیزوفسفاتیدیل کولین باعث افزایش اضافه وزن روزانه جوجه‌های گوشتی بدون توجه به منبع چربی در دوره آغازین شد. این ممکن است مربوط به توانایی لیزوفسفولیپید برای امولسیون بهتر لیپیدهای جیره غذایی و تشکیل لیپوزوم‌های کوچک باشد که با راندمان بالا توسط حیوان جذب می‌شوند (Reynier *et al.*, 1985). این نتایج ممکن است به‌علت عدم فعالیت لیپاز در فاز آغازین نیز باشد اگر چه افزایش وزن در دوره پایانی ممکن است، مربوط به افزایش فعالیت لیپاز بوده که منجر به افزایش سطح چربی قابل هضم با امولسیفه شدن می‌شود (Guerreiro *et al.*, 2011). مکمل لیزوفسفولیپید با خاصیت آب‌دوستی در مطالعه ما به‌عنوان یک امولسیفایر چربی در جوجه‌های گوشتی که از جیره‌های حاوی پیه و روغن سویا به‌عنوان منبع تأمین بخشی از انرژی مورد نیاز تغذیه می‌شدند، مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به مطالعات پیشین این انتظار بود که در جوجه‌های جوان در مقایسه با پرندگان مسن‌تر که ظرفیت هضم‌پذیری کمتری برای هضم چربی جیره به‌دلیل سنتز و باز چرخش کم نمک‌های صفراوی دارند (Tancharoenrat *et al.*, 2013)،

جدول ۲- اثر مکمل لیزوفسفولیپید در جیره‌های حاوی سطوح و منابع مختلف چربی بر عملکرد جوجه‌های گوشتی در دوره آغازین (۱۴- ۱ روزگی)

Table 2- Effect of lysophospholipid supplementation on the performance of broilers in diets containing different levels and sources of fat in the starter period (1-14 days of age)

تیمارها Treatments	میانگین وزن بدن (گرم/پرنده) Body weight (g/b)	میانگین افزایش وزن بدن (گرم/پرنده) Weight gain (g/b)	میانگین مصرف خوراک (گرم/پرنده) Feed intake (g/b)	ضریب تبدیل غذایی (گرم/گرم) Feed conversion ratio (g/g)
امولسیفایر لیزوفسفولیپید[۱] Emulsifier lysophosphlipid				
+	328.33	20.59	28.70	1.39
−	336.64	20.19	29.44	1.39
خطای معیار میانگین‌ها SEM	4.34	0.30	0.34	0.01
منبع چربی[۲] Source of fat				
روغن سویا Soy oil	334.01	21.00	29.01	1.39
پیه گاوی Tallow	333.12	20.93	29.46	1.41
مخلوط 50: 50 Soy oil +tallow (50: 50)	330.33	20.73	28.76	1.29
خطای معیار میانگین‌ها SEM	5.31	0.37	0.42	0.01
درصد چربی جیره[۳] Fat diet%				
1.5	326.11[b]	20.43[b]	28.78	1.41
3	338.86[a]	21.34[a]	29.28	1.38
خطای معیار میانگین‌ها SEM	4.34	0.30	0.34	0.01
		P-value		
امولسیفایر (A) Emulsifier	0.18	0.17	0.13	0.94
منبع چربی (B) Fat source	0.87	0.87	0.50	0.66
درصد چربی جیره (C) Fat diet %	0.04	0.04	0.40	0.08
A×B	0.82	0.82	0.53	0.09
A×C	0.17	0.16	0.04	0.88
B×C	0.45	0.46	0.78	0.20
A×B×C	0.13	0.12	0.19	0.44

[a, b] میانگین‌های هر ستون و برای هر اثر که دارای حرف مشترک نمی‌باشند، دارای اختلاف معنی‌دار هستند (P<۰/۰۵).

[۱] هر میانگین حاصل از ۳۶ مشاهده می‌باشد.

[۲] هر میانگین حاصل از ۲۴ مشاهده می‌باشد.

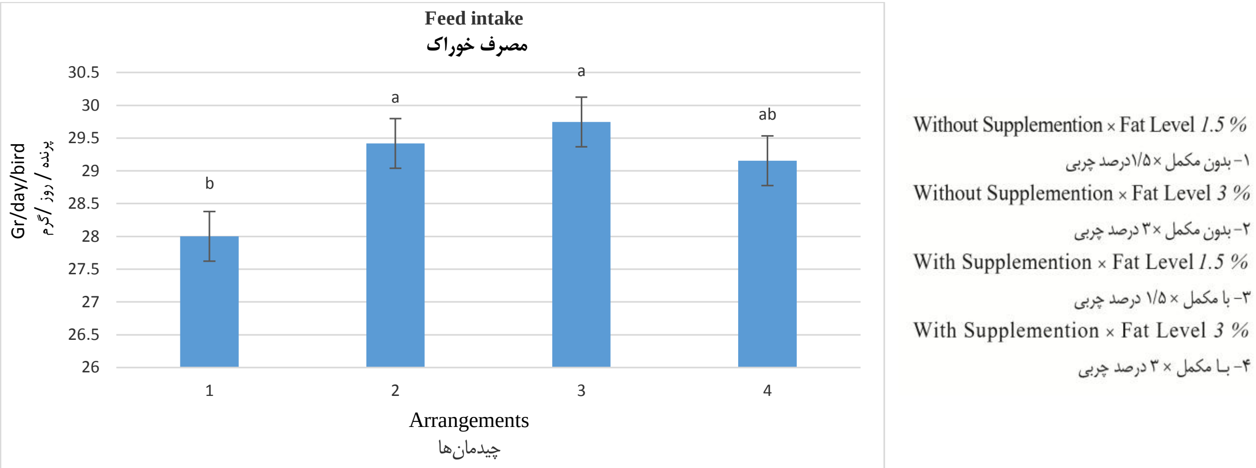
[۳] هر میانگین حاصل از ۳۶ مشاهده می‌باشد.

[a, b] Means in each column for many effect with uncommon superscrip are significantly different (P <0.05).

[1] Each mean is the average of 18 observations.

[2] Each mean is the average of 12 observations.

[3] Each mean is the average of 18 observations.



شکل ۱- اثرات متقابل مکمل لیزوفسفولیپید و درصد چربی جیره بر مصرف خوراک جوجه‌های گوشتی در سن ۱۴-۱ روزگی

[a,b] چیدمان‌های دارای حرف غیرمشترک تفاوت معنی‌داری دارند ($P<0.05$).

نوار خطاها (Error bars) براساس خطای معیار رسم شده‌اند.

Figure 1- Interactions between lysophospholipid supplementation and dietary fat percent on broiler feed intake during 1-14 days

[a,b] Column with uncommon superscrip ars significantly different ($P<0.05$).

Error bars were plotted based on standard error.

گنجاندن امولسیفایری مانند لیزوفسفولیپید یا نمک‌های صفراوی در جیره غذایی، به‌طور کلی باعث بهبود هضم و جذب چربی در پرنده‌های جوان و تقویت عملکرد تولیدی آن‌ها شود (Maisonnier *et al.,* 2003). بنابراین، با مکمل کردن جیره با یک امولسیفایر مناسب، افزایش بهره‌وری در استفاده از چربی جیره غذایی انتظار می‌رفت. با این وجود، در آزمایش ما با این فرضیات، بهبودی در عملکرد جوجه‌های گوشتی با استفاده از مکمل لیزوفسفولیپید در جوجه‌های جوان مشاهده نشد.

اثر مکمل لیزوفسفولیپید بر بهبود ضریب تبدیل غذایی در مطالعه ما معنی‌دار نبود. نتایج ما با مطالعه گوریرو و همکاران (Guerreiro *et al.,* 2011) مطابق بود که گزارش کردند، اثر متقابل چربی و امولسیفایر در کل دوره بر ضریب تبدیل غذایی در جوجه‌های گوشتی معنی‌دار نبود. سوبتیک و همکاران (Sobotik *et al.,* 2018) در توافق با نتایج ما گزارش کردند که در پرندگان تغذیه شده با جیره‌های حاوی سطوح مختلف فسفاتیدیک اسید (۵، ۱۰ و ۱۵ میلی‌گرم فسفاتیدیک اسید) اختلاف معنی‌داری در ضریب تبدیل خوراک آن‌ها تا سن ۴۱ روز وجود ندارد. همین‌طور طاهر عباس و همکاران (Abbas *et al.,* 2016) اعلام کردند که مکمل امولسیفایر در دوره آغازین و کل دوره پرورش بر ضریب تبدیل غذایی مؤثر نبود، امّا در دوره پایانی پرورش معنی‌دار بود. افزایش سطح چربی جیره تأثیر معنی‌داری بر ضریب تبدیل غذایی در دوره پایانی و کل دوره نداشت، ولی در دوره آغازین ضریب تبدیل غذایی با افزایش سطح چربی افزایش یافت (Abbas *et al.,* 2016). الهیاری و همکاران (Allahyari *et al.,* 2017) گزارش کردند که منبع چربی (روغن سویا، اسیدهای چرب ازاد سویا و پور چربی پالم) جیره هیچ تأثیر مشخصی بر میانگین افزایش وزن روزانه و ضریب تبدیل غذایی جوجه‌های گوشتی در ۱ تا ۴۲ روزگی نداشت.

از دیگر عوامل مورد بررسی در عملکرد جوجه‌های گوشتی بررسی مصرف خوراک است که در این مطالعه اثرات متقابل و اصلی مکمل لیزوفسفولیپید بر مصرف خوراک جوجه‌ها معنی‌دار نبود، به‌استثنای اثر متقابل مکمل لیزوفسفولیپید و سطح چربی معنی‌دار بود و استفاده از تیمار حاوی مکمل لیزوفسفولیپید + ۱/۵ درصد چربی نسبت به تیمار حاوی سطح ۱/۵ درصد از انواع چربی‌ها + بدون مکمل لیزوفسفولیپید سبب افزایش مصرف خوراک گردید، همچنین مشخص شده با افزایش سن، نیاز پرنده به انرژی افزایش می‌یابد و مصرف خوراک بیشتر می‌شود و می‌توان این احتمال را داد که مکمل‌های لیزوفسفولیپید می‌توانند سبب افزایش انرژی و خوش‌خوراکی جیره دارای چربی افزودنی شوند. همچنین می‌توان گفت عدم تحت تأثیر قرار گرفتن مصرف خوراک با استفاده از امولسیفایر ممکن است مربوط به سطح پایین چربی استفاده شده در جیره باشد که منجر به عدم تأثیر بر گرد و غبار، خوش‌خوراکی و مصرف خوراک (Saleh *et al.,* 2009) و اثر مثبت مکمل را بر اسیدهای چرب اشباع و غیراشباع در سطوح بالاتر چربی جیره دانست. در راستای نتایج ما، زنگنه و همکاران (Zanganeh *et al.,* 2018) اعلام کردند که مصرف خوراک تحت تأثیر مکمل لیزوفسفولیپید (۱۰۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم) در جیره قرار نگرفت. ممکن است عدم تحت تأثیر قرار گرفتن عملکرد جوجه‌های گوشتی توسط مکمل لیزوفسفولیپید به عوامل دیگری مانند دوز نامناسب استفاده از لیزوفسفولیپید در جیره، سطح پایین انرژی

جیره آزمایشی (۲۸۴۵ کیلوکالری در کیلوگرم جیـره)، اسـتفاده از سـه عامل در طرح آزمایشی و جمعیت کم پرنده‌ها در هر تیمار کـه باعـث ترکیب شدن (کامپوند) اثرات شده است، ارتباط داشته باشد.

جدول ۳- اثر مکمل لیزوفسفولیپید، منبع چربی و سطح آن در جیره بر متغیرهای ریخت‌شناختی ژژنوم جوجه‌های گوشتی در روز چهاردهم

Table 3- Effect of lysophospholipid supplementation, source and level of fat in diet on morphological variables in jejunum of broiler chick at 14 day of age

تیمارها Treatments	ارتفاع پرز Villus height (µm)	عرض پرز Willie width (µm)	قطر لایه پوششی Thickness of cover layer (µm)	عمق کریپت Crypt depth (µm)	ارتفاع پرز: عمق کریپت Villus height: crypt depth
امولسیفایر لیزوفسفولیپید[1] Emulsifier lysophosphlipi					
+	839.13	160.33	47.44	226.00	3.96
–	894.33	155.11	50.55	209.22	4.38
خطای معیار میانگین‌ها SEM	26.36	8.20	1.94	9.88	0.23
منبع چربی[2] Source of fat					
روغن سویا Soy oil	936.18	158.33	52.66	219.33	4.42
پیه گاوی Tallow	845.00	155.50	49.16	218.83	3.97
مخلوط 50: 50 Soy oil +tallow (50: 50)	826.00	159.33	45.16	214.64	4.19
خطای معیار میانگین‌ها SEM	34.24	10.04	2.38	12.11	0.30
درصد چربی جیره[3] Fat diet%					
1.5	812.94[b]	158.78	46.44	211.56	3.92
3	923.76[a]	156.67	51.55	223.63	4.45
خطای معیار میانگین‌ها SEM	27.44	8.20	1.94	1.88	0.24
P- value					
امولسیفایر (A) Emulsifier	0.14	0.65	0.26	0.24	0.22
منبع چربی (B) Fat source	0.07	0.96	0.10	0.95	0.66
درصد چربی جیره (C) Fat diet %	0.02	0.85	0.07	0.39	0.14
A×B	0.18	0.84	0.36	0.08	0.36
A×C	0.33	0.04	0.08	0.68	0.68
B×C	0.27	0.58	0.98	0.55	0.92
A× B×C	0.28	0.37	0.77	0.32	0.26

[a, b] میانگین‌های هر ستون و برای هر اثر که دارای حرف مشترک نمی‌باشند، دارای اختلاف معنی‌دار هستند (P<۰/۰۵).

[1] هر میانگین حاصل از ۱۸ مشاهده می‌باشد.

[2] هر میانگین حاصل از ۱۲ مشاهده می‌باشد.

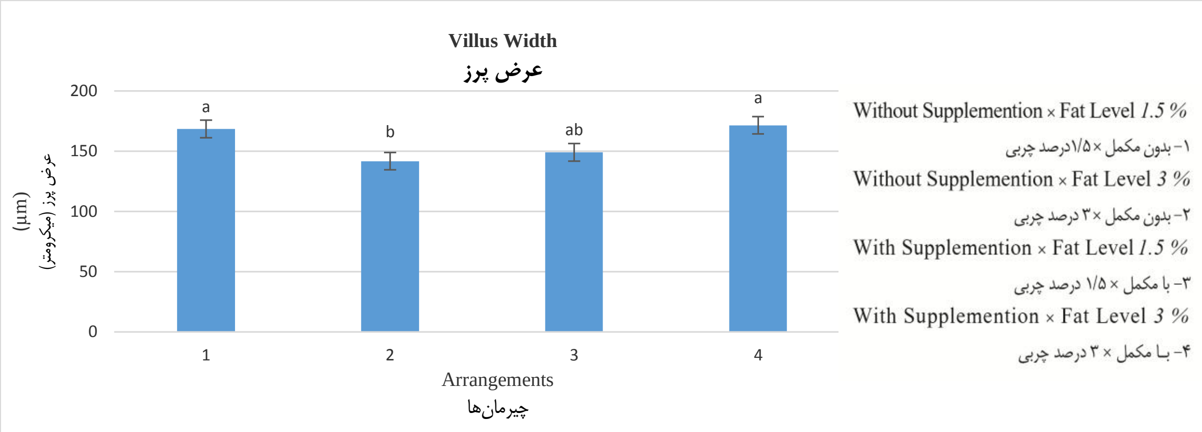
[3] هر میانگین حاصل از ۱۸ مشاهده می‌باشد.

[a, b] Means in each column for many effect with uncommon superscrip are significantly different (P <0.05).

[1] Each mean is the average of 18 observations.

[2] Each mean is the average of 12 observations.

[3] Each mean is the average of 18 observations.



شکل ۲– اثرات متقابل بین مکمل لیزوفسفولیپید و درصد چربی جیره بر عرض پرز ناحیه ژژنوم روده کوچک جوجه‌های گوشتی در ۱۴ روزگی

[a,b] چیدمان‌های دارای حرف غیرمشترک تفاوت معنی‌داری دارند (P<۰/۰۵).

نوار خطاها (Error bars) براساس خطای معیار رسم شده‌اند.

Figure 2- Interactions between lysophospholipid supplementation and dietary fat percent on jejunal villus width in broiler chicks at 14 d of age

[a,b] Column with uncommon superscrip ars significantly different (P <0.05).

Error bars were plotted based on standard error.

ریخت‌شناسی ژژنوم روده کوچک

تأثیر مکمل لیزوفسفولیپید، نوع منبع چربی و سطح چربی جیره بر متغیرهای ریخت‌شناسی ژژنوم در سن ۱۴ روزگی در جدول ۳ نشان داده شده است. اثرات متقابل مکمل لیزوفسفولیپید، نوع منبع چربی و سطح چربی جیره بر ارتفاع پرز و نسبت ارتفاع به عمق کریپت معنی‌دار نبودند. اثرات متقابل مکمل لیزوفسفولیپید و سطح چربی جیره بر عرض پرز معنی‌دار بود (P<۰/۰۵). استفاده از مکمل لیزوفسفولیپید و سطح سه درصد چربی نسبت به چیدمان‌های دیگر بیشترین عرض پرز را داشت (شکل۲). اثر سطح چربی افزوده شده به جیره بر ارتفاع پرز معنی‌دار بود و استفاده از سطح سه درصد سبب افزایش ارتفاع پرز نسبت به سطح ۱/۵ درصد چربی شد (P<۰/۰۵).

بر خلاف بررسی ما، جمیلی و همکاران (Jamili *et al.*, 2013) بیان کردند ارتفاع پرزها در دوازدهه پرندگان دریافت کننده لسیتین و طول پرز در ژژنوم پرندگان دریافت کنندهٔ نمک‌های صفراوی در مقایسه با گروه فاقد امولسیفایر بیشتر بود. افزایش ارتفاع پرز می‌تواند بهبود ضریب تبدیل در جیره حاوی نمک صفراوی و افزایش وزن بالاتر در جیره‌های دارای لسیتین در مقایسه با گروه فاقد امولسیفایر را توجیه کند. از طرف دیگر، ارتفاع پرزها در دوازدهه بلندتر از ژژنوم و در ژژنوم بلندتر از ایلئوم بود که خود بیانگر نقش مهم دوازدهه در جذب مواد مغذی است (Jamili *et al.*, 2013). در اوایل زندگی جوجه‌های گوشتی، بیشترین مقدار جذب مواد مغذی در دوازدهه صورت می‌گیرد و با افزایش سن در ژژنوم بیشتر گسترش می‌یابد (Yamauchi *et al.*, 2002). در حقیقت، ارتفاع پرز با ظرفیت جذب انتروسیت‌ها ارتباط دارد. هرچه ارتفاع پرزها بیشتر باشد، ظرفیت جذبی روده باریک بیشتر می‌شود. در جریان مهاجرت انتروسیت‌ها به‌طرف رأس پرز، این سلول‌ها بالغ می‌شوند. مهاجرت انتروسیت‌ها به‌سمت رأس پرز با از بین رفتن آن‌ها در اثر ریزش و فرسایش مرتبط است (Denbow, 2000). چن و همکاران (Chen *et al.*, 2019) هیچ اثر متقابلی هنگام استفاده جیره‌های با کاهش سطح انرژی و سطوح امولسیفایر (۰، ۰/۰۲۵، ۰/۰۵ و ۰/۰۷۵ درصد) در ریخت‌شناسی روده کوچک جوجه‌های هفت روزه مشاهده نکردند. آن‌ها اعلام کردند که در جوجه‌های گوشتی هفت روزه، اثر مکمل لیزوفسفولیپید در سطح ۰/۰۵ یا ۰/۰۷۵ درصد باعث کاهش عمق کریپت در دوازدهه و افزایش نسبت ارتفاع پرز به عمق کریپت در مقایسه با شاهد شد که با نتایج ما هم‌خوانی ندارد. آن‌ها همچنین مشاهده کردند که استفاده از ۰/۰۲۵ یا ۰/۰۷۵ درصد مکمل لیزوفسفولیپید ارتفاع پرز را در ژژنوم در مقایسه با شاهد افزایش می‌دهد.

افزایش ارتفاع پرز ژژنوم و نسبت ارتفاع پرز به عمق کریپت حاکی از افزایش سطح روده برای جذب مواد مغذی است و متعاقباً منجر به افزایش قابلیت هضم و جذب مواد مغذی می‌شود (Hosoyamada *et al.*, 2007). عمق کریپت زیادتر، میزان بالاتری از بازچرخش (ترن‌آور) سلول‌های اپیتلیال را در حین التهاب یا تهاجم پاتوژن نشان می‌دهد، که نیازمند هزینه نگهداری بالاتر است، در نتیجه عملکرد رشد را کاهش می‌دهد. تغییر ریخت‌شناسی روده می‌تواند توسط استرس‌های مختلف، از جمله سطح مواد مغذی و مواد افزودنی خوراکی ایجاد شود.

جدول ٤- اثر مکمل لیزوفسفولیپید، سطح چربی و منبع آن در جیره بر ترکیب لیپیدهای سرم خون جوجه‌های گوشتی در ۱۴ روزگی

Table 4- Effect of lysophospholipid supplementation, source and level of fat in diet on serum lipid composition in broiler chicks at 14 day of age

تیمارها Treatments	تری‌گلیسرید Triglyceride (mg/dl)	کلسترول Cholesterol (mg/dl)	لیپوپروتئین با چگالی بالا HDL (mg/dl)	لیپوپروتئین با چگالی پایین LDL (mg/dl)
امولسیفایر لیزوفسفولیپید[1] Emulsifier lysophosphlipid				
+	85.17[b]	153.89	79.22	62.94
−	111.39[a]	161.39	76.05	57.66
خطای معیار میانگین‌ها SEM	7.69	8.73	4.87	5.44
منبع چربی[2] Source of fat				
روغن سویا Soy oil	98.25	172.67[a]	90.75[a]	62.25
پیه گاوی Tallow	99.58	132.00[b]	62.50[b]	49.58
مخلوط 50 :50 Soy oil +tallow (50: 50)	97.00	168.25[a]	79.66[ab]	69.08
خطای معیار میانگین‌ها SEM	9.42	10.69	5.96	6.42
درصد چربی جیره[3] Fat diet%				
1.5	92.44	158.67	80.11	60.05
3	104.11	156.61	75.16	60.55
خطای معیار میانگین‌ها SEM	7.69	8.73	4.87	5.24
P- Value				
امولسیفایر (A) Emulsifier	0.02	0.54	0.65	0.48
منبع چربی (B) Fat source	0.98	0.02	0.009	0.11
درصد چربی جیره (C) Fat diet %	0.29	0.86	0.48	0.94
A×B	0.22	0.12	0.58	0.04
A×C	0.01	0.36	0.67	0.06
B×C	0.34	0.09	0.34	0.13
A×B×C	0.99	0.83	0.93	0.65

[a, b] میانگین‌های هر ستون و برای هر اثر که دارای حرف مشترک نمی‌باشند، دارای اختلاف معنی‌دار هستند (P<۰/۰۵).

[1] هر میانگین حاصل از ۱۸ مشاهده می‌باشد.

[2] هر میانگین حاصل از ۱۲ مشاهده می‌باشد.

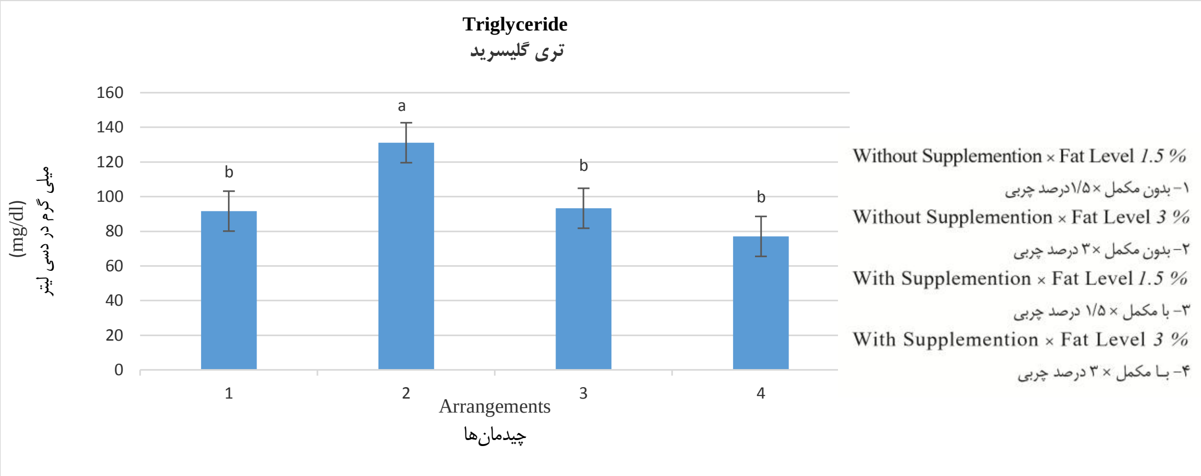
[3] هر میانگین حاصل از ۱۸ مشاهده می‌باشد.

[a, b] Means in each column for many effect with uncommon superscrip are significantly different (P <0.05).

[1] Each mean is the average of 18 observations.

[2] Each mean is the average of 12 observations.

[3] Each mean is the average of 18 observations.



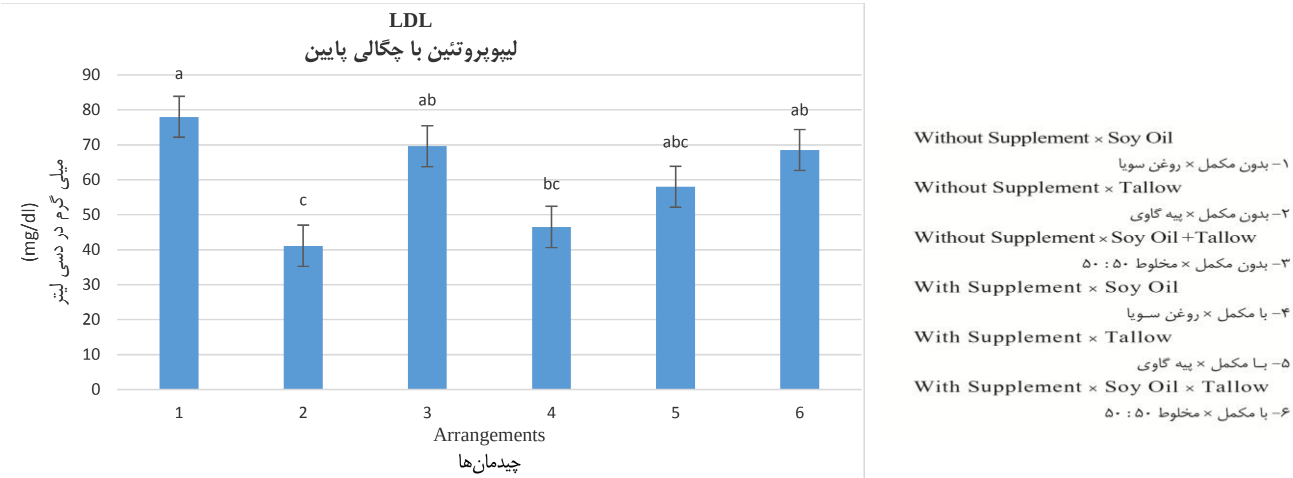
شکل ۳- اثرات متقابل بین مکمل لیزوفسفولیپید و درصد چربی جیره بر میزان تری‌گلیسرید سرم خون جوجه‌های گوشتی در ۱۴ روزگی

[a,b] چیدمان‌های دارای حرف غیرمشترک تفاوت معنی‌داری دارند (P<۰/۰۵).

نوار خطاها (Error bars) براساس خطای معیار رسم شده‌اند.

Figure 3- Interaction between lysophospholipid supplementation and dietary fat percent on serum triglyceride levels in broiler chicks at 14 d of age

[a,b] Column with uncommon superscrip ars significantly different (P <0.05).
Error bars were plotted based on standard error.



شکل ٤- اثرات متقابل بین مکمل لیزوفسفولیپید و منبع چربی جیره بر میزان LDL سرم خون جوجه‌های گوشتی در ۱۴ روزگی

[a,b,c] چیدمان‌های دارای حرف غیرمشترک تفاوت معنی‌داری دارند (P<۰/۰۵).

نوار خطاها (Error bars) براساس خطای معیار رسم شده‌اند.

Figure 4- Interaction between lysophospholipid supplementation and dietary fat source on serum LDL levels of broiler chicks at 14 d of age

[a,b,c] Column with uncommon superscrip ars significantly different (P <0.05).
Error bars were plotted based on standard error.

ترکیب لیپیدهای سرم خون

نتایج مربوط به تأثیر مکمل لیزوفسفولیپید، نوع منبع چربی و سطح چربی جیره بر ترکیب لیپیدهای خون جوجه‌های گوشتی در ۱۴ روزگی در جدول ۴ نشان داده شده است. بررسی اثرات متقابل نشان داد که اثر مکمل لیزوفسفولیپید و سطح چربی بر میزان تری‌گلیسرید سرم خون جوجه‌های گوشتی معنی‌دار بود (P<۰/۰۵)، به این صورت که بدون استفاده از مکمل لیزوفسفولیپید و سه درصد چربی نسبت به سطح سه درصد چربی ولی دارای مکمل لیزوفسولیپید و همچنین نسبت به سایر چیدمان‌ها دارای میزان تری‌گلیسرید بیشتری بود (شکل ۳). در بین سایر اثرات متقابل مورد بررسی تنها اثر مکمل لیزوفسفولیپید و منبع چربی جیره بر میزان LDL سرم خون جوجه‌های گوشتی در سن ۱۴ روزگی معنی‌دار بود (P<۰/۰۵)،

به‌طوری‌که بدون استفاده از مکمل لیزوفسفولیپید ولی با روغن سویا به جیره میزان LDL سرم خون جوجه‌های گوشتی در قیاس با سایر چیدمان‌ها افزایش معنی‌دار داشت (شکل ۴). مکمل لیزوفسفولیپید به جیره باعث کاهش معنی‌دار میزان تری‌گلیسرید سرم خون جوجه‌های گوشتی شد (P<۰/۰۵). استفاده از منابع چربی مختلف نشان داد که روغن سویا نسبت به پیه‌گاوی باعث افزایش معنی‌دار میزان کلسترول و HDL سرم خون جوجه‌های گوشتی گردید.

جونز و همکاران (Jones et al., 1992) نتیجه گرفتند که افزایش انرژی در جیره باعث افزایش تولید کلسترول در سلول‌های محیطی بدن می‌شود. HDL سبب انتقال برگشتی کلسترول به کبد می‌گردد، آنزیم لسیتین- کلسترول آسیل ترانسفراز یک اسید چرب را از لسیتین جدا و آن را با کلسترول استریفه می‌کند، بنابراین استر کلسترول را ایجاد می‌کند که در HDL محلولیت دارد. HDL کلسترول آزاد اضافی را از سلول‌های محیطی دریافت و آن‌ها را برای تجزیه به کبد منتقل می‌کند (Jones et al., 1992)، بنابراین با افزایش سطح انرژی در جیره، کبد برای جلوگیری از افزایش سطح کلسترول سرم خون و انتقال دادن آن‌ها به کبد برای تجزیه شدن، مقدار بیشتری از HDL را سنتز می‌کند. پس می‌توان احتمال داد که افزایش کلسترول هنگام استفاده از روغن سویا باعث افزایش تولید HDL شده است. نتایج حاصل از این مطالعات نشان می‌دهد که احتمالاً اثر لیزوفسفولیپید بر ترکیب لیپیدی سرم جوجه‌های گوشتی ممکن است در دوره آغازین بیشتر باشد و میزان تری‌گلیسرید سرم را کاهش دهد. جونز و همکاران (Jones et al., 1992) اظهار داشتند که سرعت جذب سریعتر و متابولیسم چربی مصرف شده می‌تواند دلیل پایین آمدن تری‌گلیسرید سرم در لسیتین‌های تغذیه شده توسط خوک باشد. مکانیسم احتمالی ممکن است این باشد که کیلومیکرون‌ها با سرعت بیشتری از خون پاک شده یا با سرعت کمتری در خون ترشح شوند. برای یافتن مکانیسم مؤثر امولسیفایرها بر ترکیبات سرم خون، باید مطالعات بیشتری انجام شود.

برخلاف بررسی ما، غلظت کلسترول کل در جیره حاوی سطوح مختلف لیزوفسفولیپید در مقایسه با تیمارهای بدون مکمل در ۴۲ روزگی پایین‌تر بود (Malapure et al., 2011). ژائو و همکاران (Zhao et al., 2017) گزارش کردند، غلظت LDL، کلسترول کل و تری‌گلیسرید با مصرف مکمل لیزوفسفولیپید در ۱۴روزگی کاهش یافته است. برخلاف نتایج ما، روی و همکاران (Roy et al., 2010) نشان دادند که گلیسرول پلی اتیلن گلیکول ریسینولات در غلظت ۱ درصد و ۲ درصد باعث کاهش LDL و کلسترول کل می‌شود. فاسینا و همکاران، (Fascina et al., 2009) گزارش کردند سطح کلسترول کل سرم همان‌طور که بخش روغن سویا در مخلوط افزایش یافته بود، به‌طور خطی کاهش یافته است. از طرف دیگر، برخلاف اثرات متقابل بررسی ما، فاسینا و همکاران (Fascina et al., 2009) گزارش کردند که سطح LDL وVLDL هنگامی که سطح روغن سویا در جیره افزایش می‌یابد، به‌طور خطی کاهش یافته است، این نشان می‌دهد که منابع چربی غنی از اسیدهای چرب غیراشباع باعث کاهش میانگین سطح این لیپوپروتئین‌ها می‌شوند، که از توسعه بیماری تصلب شریان در انسان و حیوان جلوگیری می‌کند. این داده‌ها مطابق با یافته‌های کرسو و استیو گارسیا (Crespo & Esteve-Garcia, 2003) است که کاهش سطح VLDL در پرندگان تغذیه شده از روغن آفتابگردان یا کتان را نسبت به آن‌هایی که با پیه تغذیه شدند، مشاهده کردند.

جمعیت میکروبی سکوم

نتایج اثر مکمل لیزوفسفولیپید، نوع منبع چربی و سطح چربی جیره بر جمعیت میکروبی سکوم جوجه‌های گوشتی در ۱۴ روزگی در جدول ۵ نشان داده شده است. اثرات متقابل سه‌تایی و دوتایی تأثیر معنی‌داری بر جمعیت *لاکتوباسیلوس* و *اشریشیاکلی* سکوم جوجه‌های گوشتی نداشتند مکمل لیزوفسفولیپید بطور معنی‌داری باعث افزایش جمعیت باکتری‌های *لاکتوباسیلوس* در سکوم جوجه‌های گوشتی شد (P<۰/۰۵). افزودن سه درصد چربی به جیره، سبب کاهش معنی‌دار جمعیت باکتری *اشریشیاکلی* شد.

پلیکارپو و همکاران (Polycarpo et al., 2016)، هیچ گونه رشدی در کل *انتروباکتری*‌ها در نمونه‌های ژژنوم هنگام تغذیه لیزوفسفولیپید در ۱۴ روزگی مشاهده نکردند. آن‌ها همچنین گزارش دادند اثر متقابلی بین منابع لیپیدی (روغن سویا و پیه گوساله) و مکمل لیزوفسفولیپید (صفر و یک کیلو در تن) بر *کوکسیدی‌های* گرم مثبت پیدا نشد. با این وجود، حضور لیزوفسفولیپید باعث کاهش تعداد *کوکسی‌های* گرم مثبت در ژژنوم جوجه‌های گوشتی تغذیه شده با جیره حاوی پیه شده و همچنین تغذیه لیزوفسفولیپید منجر به نتایج مشابه با جیره حاوی روغن سویا شد که کل ریزجانداران بی‌هوازی در مقادیر کمتری بودند. تعداد باکتری‌های نمونه‌های ژژنوم نشان می‌دهد که تغذیه لیزوفسفولیپید در رژیم‌های حاوی پیه نیز مؤثر می‌باشد و تأثیر منفی مقدار بالای اسیدهای چرب اشباع در پیه بر تعداد *کوکسی‌های* گرم مثبت را به حداقل می‌رساند. این کاهش را می‌توان با اثر ضد میکروبی لیزوفسفولیپید توضیح داد، که ممکن است از دو طریق اتفاق بیفتد (Polycarpo et al., 2016).

جدول ۵- اثر مکمل لیزوفسفولیپید، سطح چربی و منبع آن در جیره بر جمعیت میکروبی سکوم جوجه‌های گوشتی در ۱۴ روزگی

Table 5- Effect of lysophospholipid supplementation source and level of fat in diet on the microbial population in broiler ceca at 14 day of age

تیمارها Treatments	لاکتوباسیلوس *Lactobacillus* (Log10cfu/gr)	اشریشیا کلی *E-coli* (Log10cfu/gr)
امولسیفایر لیزوفسفولیپید[۱] Emulsifier lysophosphlipid¶		
+	7.95[a]	4.57
–	7.53[b]	4.20
خطای معیار میانگین‌ها SEM	0.11	0.15
منبع چربی [۲] Source of fat		
روغن سویا Soy oil	7.73	4.41
پیه گاوی Tallow	7.87	4.17
مخلوط 50: 50 Soy oil +tallow (50: 50)	7.61	4.57
خطای معیار میانگین‌ها SEM	0.13	0.19
درصد چربی جیره[۳] Fat diet%		
1.5	7.69	4.67[a]
3	7.79	4.10[b]
خطای معیار میانگین‌ها SEM	0.11	0.15
P- value		
امولسیفایر (A) Emulsifier	0.01	0.10
منبع چربی (B) Fat source	0.42	0.35
درصد چربی جیره (C) Fat diet %	0.52	0.01
A×B	0.47	0.31
A×C	0.24	0.96
B×C	0.43	0.86
A×B×C	0.81	0.17

[a, b] میانگین‌های هر ستون و برای هر اثر که دارای حرف مشترک نمی‌باشند، دارای اختلاف معنی‌دار هستند (P<۰/۰۵).

[۱] هر میانگین حاصل از ۱۸ مشاهده می‌باشد.

[۲] هر میانگین حاصل از ۱۲ مشاهده می‌باشد.

[۳] هر میانگین حاصل از ۱۸ مشاهده می‌باشد.

[a, b] Means in each column for many effect with uncommon superscrip are significantly different (P <0.05).

[1] Each mean is the average of 18 observations

[2] Each mean is the average of 12 observations

[3] Each mean is the average of 18 observations

لیزوفسفولیپید ممکن است مستقیماً روی ریزجانداران گرم مثبت با تغییر نفوذپذیری غشای سلولی عمل کرده و منجر به آسیب در یکپارچگی غشای باکتری‌ها از طریق عدم تعادل یونی شوند (Coonrod *et al.*, 1983). علت دوم مربوط به استفاده بیشتر از پیه است که منجر به کاهش مقادیر سوبسترا در لومن روده می‌شود. این یافته‌ها حاکی از آن است که لیزوفسفولیپید می‌تواند در کاهش میزان

متابولیت‌های کاهنده رشد تولید شده توسط باکتری‌هـای گـرم مثبـت مؤثر باشد، که این یکی از عوامل مفید منتسـب بـه اسـتفاده از آنتـی بیوتیک‌ها است (Huyghebaert *et al.*, 2011). تأثیر لیزوفسـفولیپید بر میکروبیوتای روده جوجه‌های گوشتی در تحقیقات بیشـتری نشـان داده شده است، خصوصاً برای ریزجانـداران خاصـی ماننـد *انتروکـوک فاسیوم* و *کلستریدیوم پرفرنژنس* که در هضـم لیپیـدها فعالیـت دارنـد (Knarreborg *et al.*, 2002).

نتیجه‌گیری کلی

استفاده از مکمل لیزوفسفولیپید سبب افـزایش معنـی‌دار جمعیـت لاکتوباسیلوس‌ها، عرض پرزها و کـاهش تـری‌گلیسـرید سـرم خـون جوجه‌های گوشتی گردید، امّا با توجه بـه تحـت تـأثیر قـرار نگـرفتن عملکـرد و سـایر پارامترهـای مـورد بررسـی بـا افـزودن مکمـل لیزوفسفولیپید با قاطعیت نمی‌توان گفت کـه اسـتفاده از ایـن مکمـل تحت شرایط این آزمایش می‌تواند بر عملکرد جوجه‌هـای گوشـتی در دوره ۱ تا ۱۴ روزگی مؤثر باشد.

References

1.Abbas, M. T., Arif, M., Saeed, M., Reyad-ul-Ferdous, M., Hassan, M. A., Arain, M. A., & Rehman, A. (2016). Emulsifier effect on fat utilization in broiler chicken. *Asian Journal of Animal and Veterinary Advances*, *11*,158-167. https://doi.org/10.3923/ajava.2016.158.167.

2.Allahyari-Bake, S., & Jahanian, R. (2017). Effects of dietary fat source and supplemental lysophosphatidylcholine on performance, immune responses, and ileal nutrient digestibility in broilers fed corn/soybean meal- or corn/wheat/soybean meal-based diets. *Poultry Science*, *96*, 1149-1158. https://doi.org/10.3382/ps/pew330.

3.Al-Marzooqi, W., & Leeson, S. (1999). Evaluation of dietary supplements of lipase, detergent, and crude porcine pancreas on fat utilization by young broiler chicks. *Poultry Science*, *78*, 1561-1566. https://doi.org/10.1093/ps/78.11.1561.

4.Amerah, A. M., Ravindran, V., Lentle, R. G., & Thomas, D. G. (2007). Influence of feed particle size and feed form on the performance energy utilisation, digestive tract development, and digesta parameters of broiler starters. *Poultry Science*, *86*, 2615–2623. https://doi.org/10.3382/ps.2007-00212.

5.Arouri, A. & Mouritsen, O. G. (2013). Membrane-perturbing effect of fatty acids and lysolipids. *Progress in Lipid Research*, *52*, 130-140. https://doi.org/10.1016/j.plipres.2012.09.002.

6.Azman, M. A., & Ciftci, M. (2004). Effects of replacing dietary fat with lecithin on broiler chicken zootechnical performance. *Revue de Medecine Veterinaire*, *155*, 445-448.

7.Blanch, A., Barroeta, A. C., Baucells, M. D., Serrano, X., & Puchal, F. (1996). Utilization of different fats and oils by adult chickens as a source of energy, lipid and fatty acids. *Animal Feed Scicence and Technology*, *61*, 335-342. https://doi.org/10.1016/0377-8401(95)00931-0.

8.Chen, C., Jung, B., & Kim, W. (2019). Effects of lysophospholipid on growth performance, carcass yield, intestinal development, and bone quality in broilers. *Poultry Science*, 98, 3902-3913. https://doi.org/10.3382/ps/pez111.

9.Choct, M., & Annison, G. (1992). The inhibition of nutrient digestion by wheat pentosans. British Journal of Nutrition, 67, 123-132. https://doi.org/10.1079/BJN19920014.

10.Coonrod, J. D., & Yoneda, K. (1983). Detection and partial characterization of antibacterial factor(s) in alveolar lining material of rats. *Journal of Clinical Investigation*, *71*, 129-141. https://doi.org/10.1172/JCI110741

11.Crespo, N., & Esteve-Garcia, E. (2003). Polyunsaturated fatty acids reduce insulin and very low density lipoprotein levels in broiler chickens. *Poultry Science, 82*, 1134-1139. https://doi.org/10.1093/ps/82.7.1134.

12.Denbow, D. M. (2000). Gastrointestinal Anatomy and Physiology. Sturkie's Avian Physiology. Academic Press, 343-368. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-407160-5.00014-2.

13.Fascina, V., Carrijo, A., Souza, K., Garcia, A., Kiefer, C., & Sartori, J. R. (2009). Soybean oil and beef tallow in starter broiler diets. *Brazilian Journal of Poultry Science*, *11*, 249-56. https://doi.org/10.1590/S1516-635X2009000400006.

14.Guban, J., Korver, D. R., Allison, G. E., & Tannock, G. W. (2006). Relationship of dietary antimicrobial drug administration with broiler performance, decreased population levels of *Lactobacillus* salivarius, and reduced bile salt deconjugation in the ileum of broiler chickens. *Poultry Science*, *85*, 2186-2194. https://doi.org/10.1093/ps/85.12.2186.

15.Guerreiro Neto, A. C., Pezzato, A. C., Sartori, J. R., Mori, C., Cruz, V. C., Fascina, V. B., Pinheiro, D. F., Madeira, L. A., & Gon¸calvez, J. C. (2011). Emulsifier in broiler diets containing different fat sources. *Brazilian Journal of Poultry Science*, *13*, 119-125.

16.Hashemi, R. & Jafari Ahangari, Y. (2005). Blood Parameters in Poultry. First edition of the Publication Hammihanqom, Qom, Iran. 142p (In Persian)

17.Hosoyamada, Y., & Sakai, T. (2007). Mechanical components of rat intestinal villi as revealed by ultrastructural analysis with special reference to the axial smooth muscle cells in the villi. *Archives of Histology Cytology, 70*, 107-116. https://doi.org/10.1679/aohc.70.107.

18.Huyghebaert, G., Ducatelle, R., & Van Immerseel, F. (2011). An update on alternatives to antimicrobial growth promoters for broilers. *The Veterinary Journal, 187*, 182-188. https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2010.03.003.

19.Jamili, F., Shariatmadari, F., & Karimi Torshizi, A. (2013). Effect of lecithin and bile salt on yield, nutrient digestibility and intestinal morphology in broiler chickens. *Journal of Animal Production. 15*(2), 117-26. (In Persian)

20.Jimenez-Moreno, E., Gonzalez-Alvarado, J. M., Gonzalez-Serrano, A., Lazaro, R., & Mateos, G. G. (2009). Effect of dietary fiber and fat on performance and digestive traits of broilers from one to twenty-one days of age. *Poultry Science, 88*, 2562-2574. https://doi.org/10.3382/ps.2009-00179.

21.Jones, D. B., Hancock, J. D., Harmon, D. L., & Walker, C. E. (1992). Effects of exogenous emulsifiers and fat sources on nutrient digestibility, serum lipids, and growth performance in weanling pigs. *Journal of Animal Science, 70*, 3473-3482. https://doi.org/10.2527/1992.70113473x.

22.Joshi, A., Paratkar, S. G., & Thorat, B. N. (2006). Modification of lecithin by physical, chemical and enzymatic methods. *European Journal of Lipid Science and Technology, 108*, 363-373. https://doi.org/10.1002/ejlt.200600016.

23.Katongole, J. B. D., & March, B. E. (1980). Fat utilization in relation to intestinal fatty acid binding protein and bile salts in chicks of different ages and different genetic sources. *Poultry Science, 59*, 819-827. https://doi.org/10.3382/ps.0590819.

24.Ketels, E., & De Groote, G. (1989). Effect of ratio of unsaturated to saturated fatty acids of the dietary lipid fraction on utilization and metabolizable energy of added fats in young chicks. *Poultry Science, 68*, 1506-1512. https://doi.org/10.3382/ps.0681506.

25.Knarreborg, A., Engberg, R. M., Jensen, S. K., & Jensen, B. B. (2002). Quantitative determination of bile salt hydrolase activity in bacteria isolated from the small intestine of chickens. *Applied Environmental Microbiology, 68*, 6425- 6428. https://doi.org/10.1128/AEM.68.12.6425-6428.2002.

26.Kragdahl, A. S. (1985). Digestion and absorption of lipids in poultry. *Journal of Nutrition, 102*, 178-185. https://doi.org/10.1093/jn/115.5.675.

27.Leeson, S., & Summers, J.D. (2001). Scott's Nutrition of the Chicken, 4th ed. (Guelph, Ontario, University Books. 608p.

28.Maisonnier S, Gomez, J., Bree, A., Berri, C., Baeza, E., & Carre, B. (2003). Effects of microflora status, dietary bile salts and guar gum on lipid digestibility, intestinal bile salts, and histomorphology in broiler chickens. *Poultry Science, 82*, 805-814. https://doi.org/10.1093/ps/82.5.805.

29.Malapure, C. D., Kawitkar, S., Deshmukh, B. G. B., Bendale, L. N., & Patankar, R. B. (2011). Influence of dietary supplementation of phospholipids and lysophospholipids on performance of broilers. *Indian Journal of Animal Nutrtion, 28*, 316-319.

30.Melegy, T., Khaled, N. F., El-Bana, R., & Abdellatif, H. (2010). Dietary fortification of a natural biosurfactant, lysolecithin in broiler. *African Journal of Agricultureal Research, 5*, 2886-2892.

Nir, I., Nitsan, Z., & Mahagna, M. (1993). Comparative growth and development of the digestive organs and of some enzymes in broiler and egg type chicks after hatching. *British Poultey Science, 34*, 523-532. https://doi.org/10.1080/00071669308417607

31.Nitsan, Z., Ben-Avraham, G., Zoref, Z., & Nir, I. (1991). Growth and development of the digestive organs and some enzymes in broiler chicks after hatching. *British Poultey Science, 32*, 515-523. https://doi.org/10.1080/00071669108417376

32.Neto, A .C. G., Pezzato, A. C., Sartori, J. R., Mori, C., Cruz, V. C., Fascina, V. B., Pinheiro, D. F., Madeira, L. A., & Goncalvez, J. C. (2011). Emulsifier in broiler diets containing different fat sources. *Brazilian Journal of Poultry Science, 13*, 119-125.

33.Noy, Y., & Sklan, D. (1995). Digestion and absorption in the young chick. *Poultry Science, 74*, 366-373. https://doi.org/10.3382/ps.0740366.

34.Polycarpo, G. V., Burbarelli, M. F. C., Carao, A. C. P., Merseguel, C. E. B., Dadalt, J. C., Maganha, S. R. L., Sousa, R. L. M., Cruz-Polycarpo, V. C., & Albuquerque, R. D. (2016). Effects of lipid sources, lysophospholipids and

organic acids in maize-based broiler diets on nutrient balance, liver concentration of fat-soluble vitamins, jejunal microbiota and performance. *British Poultry Science*, *57*, 788-798. https://doi.org/10.1080/00071668.2016.1219019.

35.Polin, D., Wing, T.L., Ki, P., & Pell, K. E. (1980). The effect of bile acids and lipase on absorption of tallow in young chicks. *Poultry Science*, *59*, 2738-2743. https://doi.org/10.3382/ps.0592738.

36.Reynier, M. O., Lafont, H., Crotte, C., Sauve, P., & Gerolami, A. (1985). Intestinal cholesterol uptake: Comparison between mixed micelles containing lecithin or lysolecithin. *Lipids*, *20*, 145-150. https://doi.org/10.1007/BF02534246.

37.Roy, A., Haldar, S., Mondal, S., & Ghosh, T. P. (2010). Effects of supplemental exogenous emulsifier on performance, nutrient metabolism, and serum lipid profile in broiler chickens. *Veterinary Medicine International*, 1-9. https://doi.org/10.4061/2010/262604.

38.Salari, A., Golian, A., & Hassanabadi, A. (2020). Added value (matrix) of Lysophospholipids Supplementation on Metabolizable Energy of Different Fat Sources and Digestible Nutrients of Corn-Soybean Meal Diet in Broiler Chickens. Iranian Journal of Animal Science Research, 12(4), 513-528 (In Persian). https://doi.org/10.22067/ijasr2022.38275.0.

39.Saleh, H., Rahimi, S., & Torshizi, M. A. K. (2009). The effect of diet that contained fish oil on performance, serum parameters, the immune system and the fatty acid composition of meat in broilers. *International Journal of Vetentary Research*, *3*, 69-75.

40.Sobotik, E., Lee, J., Hagerman, S., & Archer, G. (2018). Evaluation of the use of phosphatidic acid in the diet on growth performance and breast meat yield in broilers. *Animals*, *8*, 87. https://doi.org/10.3390/ani8060087.

41.Tancharoenrat, P., Ravindran, V., Zaefarian, F., & Ravidran, G. (2013). Influence of age on the apparent metabolisable energy and total tract apparent fat digestibility of different fat sources for broiler chickens. *Animal of Feed Science and Technology*, *186*, 186-192. https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2013.10.013.

42.Tamblyn, K. C., & Conner, D. E. (1997). Bactericidal activity of organic acids in combination with transdermal compounds against Salmonella typhimurium attached to broiler skin. *Food Microbiology*, *14*, 477-484. https://doi.org/10.1006/fmic.1997.0112.

43.Upadhaya, S. D., Lee, J. S., Jung, K. J., & Kim, I. H. (2017). Influence of emulsifier blends having different hydrophilic-lipophilic balance value on growth performance, nutrient digestibility, serum lipid profiles, and meat quality of broilers. *Poultry Science*, *97*, 255-261. https://doi.org/10.3382/ps/pex303.

44.Van Nieuwenhuyzen, W., & Tomas, M. C. (2008). Update on vegetable lecithin and phospholipid technologies. *European Journal of Lipid Science and Technology*, *110*, 472-486. https://doi.org/10.1002/ejlt.200800041.

45.Xing, J. J., van Heugten, E., Li, D. F., Touchette, K. J., Coalson, J. A., Odgaard, R. L., & Odle, J. (2004). Effects of emulsification, fat encapsulation, and pelleting on weanling pig performance and nutrient digestibility. *Journal of Animal Science*, *82*, 2601-2609. https://doi.org/10.2527/2004.8292601x.

46.Yamauchi, K. (2002). Review on chicken intestinal villus histological alterations related with intestinal function. *Poultry Science*, *39*, 229-242. https://doi.org/10.2141/jpsa.39.229.

47.Zampiga, M., Meluzzi, A., & Sirri, F. (2016). Effect of dietary supplementation of lysophospholipids on productive performance, nutrient digestibility and carcass quality traits of broiler chickens. *Italian Journal of Animal Science*, *15*, 521-528. https://doi.org/10.1080/1828051X.2016.1192965.

48.Zanganeh, S., Turki, Elihian M., & Abdolmohammadi, A. (2018). Effect of edible supplementation of lysophospholipids (lysolecitin) and vitamin C in the last period on yield, carcass characteristics and immune response of broilers under heat stress and normal temperature. *Journal of Animal Science*, *119*, 155-68. (In Persian) 10.22092/ASJ.2017.115146.1516.

49.Zhang, B., Haitao, L., Zhao, D., Guo, Y., & Barri, A. (2011). Effect of fat type and lysophosphatidylcholine addition to broiler diets on performance, apparent digestibility of fatty acids, and apparent metabolizable energy content. *Animal Feed Science and Technology*, *163*, 177- 184. https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2010.10.004.

50.Zhao, P. Y., & Kim, H. (2017). Effect of diets with different energy and lysophospholipids levels on performance, nutrient metabolism, and body composition in broilers. *Poultry Science*, *96*, 1341-1347. https://doi.org/10.3382/ps/pew469.

51.Zhao, P. Y., Li, H. L., Hossain, M. M., & Kim, I. H. (2015). Effect of emulsifier (lysophospholipids) on growth performance, nutrient digestibility and blood profile in weanling pigs. *Animal Feed Science and Technology*, *207*, 190-195. https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2015.06.007.

52.Zuhri, M. A. (2010). Principles of poultry farming. University of Tehran Publications, 17th Edition, Tehran, Iran. 480p. (In Persian)